



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ПРИРОДНО – МАТЕМАТИЧКИ
ФАКУЛТЕТ
ДЕПАРТМАН ЗА ФИЗИКУ



Демонстрациони огледи у обради теме „Њутнови закони“ - дипломски рад -

Ментор:

Др Душанка Обадовић, ред.проф.

Кандидат:

Ђорђе Ћипаризовић

Нови Сад, 2007.

САДРЖАЈ

1. Увод.....	3
1.1. Демонстрациони огледи.....	4
2. О Исаку Њутну.....	5
2.1. Ране године.....	6
2.2. Математичка истраживања	7
2.3. Оптика	8
2.4. Закон гравитације и закони кретања.....	9
2.5. Њутнова јабука	11
2.6. Каснији живот.....	12
3. Њутнови закони.....	14
3.1. Први Њутнов Закон.....	14
3.1.1. Обрада наставне јединице први Њутнов закон.....	16
3.1.2. Огледи.....	17
3.1.2.1 Кретање куглице дуж различитих подлога.....	17
3.1.2.2. „Инерција 1“ – Новчић у чаши.....	19
3.1.2.3. „Инерција 2“ – Кидање конца.....	20
3.1.2.4. „Инерција 3“ – Куглица и чаша.....	22
3.2. Други Њутнов закон.....	23
3.2.1. Инертност.....	24
3.2.2. Општија формулација Другог Њутновог закона	25
3.2.2.1. Оглед – „Флипер“.....	27
3.3. Трећи Њутнов Закон.....	29
3.3.1. Оглед – „Лет до звезда“	30
4. Услови под којима закони важе.....	32
4.1. Инерцијални системи референције.....	33
4.2. Неинерцијални системи референције.....	35
5. Закључак.....	42
6. Литература.....	43
7. Кратка биографија.....	44
8. Кључна документацијска информација.....	45

*„Хипотезе у науци које заобилазе
експеримент ничему не служе“
Исак Њутн(Isaac Newton)*

1. УВОД

Физика проучава грађу и опште особине материје, узајамно дејство тела као и промене које се услед тога дешавају. На који начин?

„На располагању су нам три основна начина истраживања природе: посматрање, размишљање и експеримент. Посматрањем се сакупљају чињенице, размишљањем се оне комбинују, а експериментом се проверава резултат таквог комбиновања“ написао је Дени Дидро (Denis Diderot) француски филозоф и просветитељ. Наравно прави начин је истовремено коришћење ова три начина [1].

Експериментима и посматрањем уочавају се различита својства објеката и процеса. Да би се те разлике могле описати потребно је извршити упоређивање одговарајућих особина. У физици је скоро увек резултат таквог упоређивања неки број. Када се резултат упоређивања неке особине може исказати неким бројем, онда се таква особина назива физичка величина.

Проучавањем експерименталних чињеница увиђа се да постоји непроменљива узајамна зависност између неких физичких величина. Физички закон представља исказ те зависности. Физички закон се увек може изразити у облику формуле, која представља функционалну зависност између бројних вредности физичких величина.

Ако су испуњени потребни услови, физички закон омогућава да се предскаже ток неке појаве или промене особине материје. Треба нагласити да сваки физички закон важи у одређеним условима. Неки закони имају мању, а неки већу област важења, неки важе под једним, а неки под другим околностима, па се зато морају исказати услови под којима закон важи.

1.1. ДЕМОНСТРАЦИОНИ ОГЛЕДИ

За успешно показивање физичких појава, процеса законитости или одговарајућих објеката као и начина њиховог рада, користе се демонстрациони огледи. У извођењу демонстрационих огледа, поред наставника, потребно је да буду укључени и ученици [2].

Сврха демонстрационог огледа је у томе да се формира један облик формалног мишљења, који се назива експериментално мишљење, то јест мишљење које се среће при извођењу експеримената када треба открити све оно што може да утиче на неку појаву и шта доводи до неке појаве [3].

Чињеница је да су ученици више заинтересовани за реалне појаве и објекте него за апстрактне описе. Они више воле оно што могу да виде, него оно што треба да замишљају, више оно што је у покрету него што је статично. Зато демонстрациони огледи чине наставу занимљивијом и интересантнијом [2].

У нашим школама запостављена је експериментална страна наставног процеса, као један од разлога наводи се недостатак наставних средстава за извођење експеримената. Захваљујући једноставним огледима, који могу да се реализују помоћу материјала који се налазе свуд око нас, односно не захтевају скупу апаратуру, постиже се да су сви ученици активни и задовољни и сагледавају лепоту извођења наставе[4].

2. О ИСАКУ ЊУТНУ

Да би потврдио своја оригинална гледишта о начину падања тела, Галилео Галилеј (Galileo Galilei), око 1590. године, први повезује три начина истраживања природе: посматрање, размишљање и експеримент. По први пут мери масе тела, пореди пређена растојања и интервале времена и то понавља више пута да би нумерички описао уочену правилност појаве и утврдио да ли је његово гледиште исправно.

Сто година касније Исак Њутн (Isaac Newton) је имао на располагању довољно бројних података о понашању природе па је могао да развиј прву општу математичку теорију, која је могла да опише и предвиди понашање у великом броју реалних, једноставних ситуација [5].

„Исак Њутн био је енглески физичар, математичар, астроном, алхемичар и природни филозоф, који је данас за већину људи једна од највећих личности у историји науке. Рођен је 4. јануара 1643. у Енглеској, а преминуо 20. марта 1727. у Лондону.

Његова студија *Математички принципи филозофије природе* (*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*), објављена 1687, која описује универзалну гравитацију и три закона кретања, поставила је темеље Класичне (Њутнове) механике и послужила као пример за настанак и развој других модерних физичких теорија. Изводећи из овог свог система Кеплерове законе кретања планета, он је био први који је показао да се кретања тела на Земљи и кретања небеских тела потчињавају истим физичким законима. Уједињујућа и детерминистичка моћ његових закона довела је до револуције у науци и до даљег напретка и уздизања хелиоцентризма.

У механици, Њутн је такође указао на један нови, велики, значај принципа одржања импулса и момента импулса. У оптици, он је изумео рефлексион (огледалски) телескоп и открио да се пропуштањем беле светлости кроз стаклену призму она разлаже у спектар свих боја. Њутн се снажно залагао у прилог честичне природе светлости. Он је такође формулисао емпиријски закон хлађења, проучавао брзину звука и предложио теорију о пореклу звезда. У математици, Њутн дели заслуге са Готфридом Лајбницом (Gottfried Leibniz) за откриће инфинитезималног рачуна. Он је такође изложио и уопштену биномску теорему, развијајући на тај начин тзв. “Њутнов метод” за апроксимације нула функције и доприносећи проучавањима разлагања функција у редове.

Француски математичар Жозе-Луј Лагранж (Josher Louis Lagrange) често је изјављивао да је Њутн највећи геније који је икада живео, додајући једном да је он, такође, и “најсрећнији, јер се систем света не може открити и установити више него једнога пута”. Енглески песник Александар Поуп (Alexander Pope), дирнут Њутновим постигнућима, написао је чувени епитаф:

*Природа и природни закони у ноћној тами
налазе скривеност;*

*Бог рече “Нека буде Њутн” и све постаде
светлост.*

*(Nature and nature's laws lay hid in night;
God said "Let Newton be" and all was light.)*

2.1. Ране године

Њутн је рођен у Вулсторпу поред Колстерворта, грофовија Линколншир, Енглеска (Woolsthorpe-by-Colsterworth, Lincolnshire, England). Рођен је у породици фармера који су поседовали земљу и стоку, и били према томе прилично богати. Место у којем се он родио било је око седам миља удаљено од Грантама (Grantham), где је он касније похађао школу. По његовом властитом, каснијем, сведочењу, Њутн је рођен превремено и нико није очекивао да ће он дуго поживети. Његова мајка Хана Ејскоу (Hannah Ayscough) рекла је да је његово тело у то време било тек толико велико да би могло да стане у криглу пива. Његов отац, који се такође звао Исак Њутн, био је слободан сељак (фармер) и умро је три месеца пре Њутновог рођења, у време када је у Енглеској трајао грађански рат. Када је Њутну било три године, његова мајка се преудала и отишла је да живи са новим мужем, остављајући свог сина на старање његовој баки (њеној мајци), Марцери Ејскоу (Margery Ayscough).

Отприлике од његове дванаесте године па док није напунио седамнаесту, Њутн се образовао у Краљовској школи у Грантаму (The King's School, Grantham), где се његов потпис још увек може видети на оквиру прозора од библиотеке. Он је повучен из школе и негде у октобру месецу 1659 нашао се у Вулстропу од Колстерворта, где је његова мајка имала намеру да од њега направи фармера. Он је, према каснијим изјавама савременика, био због овога дубоко несрећан. Изгледа да је Хенри Стоукс, управник Краљевске школе, убедио његову мајку да га поново пусти назад у школу како би могао

да заврши образовање. Ово је и учинио у својој деветнаестој години, а његов школски успех у завршној години био је задивљујући.

У јуну 1661, је примљен у Тринити колеџ у Кембриџу. У то време предавања на колеџу заснивала су се углавном на Аристотеловом учењу, али Њутн је више волео да чита много напредније идеје модерних филозофа, као што је Рене Декарт, и астронома Галилео Галилеја, Николе Коперника и Јоханеса Кеплера. У 1665. години, открива генерализану биномску теорему, и почиње да развија математички апарат који ће касније прерасти у тзв. инфинитезимални рачун. Убрзо пошто је стекао диплому у 1665, Универзитет се затвара, што је представљало меру предострожности против “велике куге”. Због тога, следећих 18 месеци Њутн проводи у кући своје баке, где предано ради на инфинитезималном рачуну, проблемима из оптике и проналажењу закона гравитације.

2.2. Математичка истраживања

Њутн и Готфрид Лајбниц открили су инфинитезимални рачун независно један од другог, користећи сваки своју сопствену, јединствену, нотацију (као што су већина математичара то и чинили у то време). Мада је Њутн разрадио свој метод годинама пре Лајбница, он није објавио о томе скоро ништа све до 1693, и потпуни увид у свој инфинитезимални рачун пружио је тек 1704. У међувремену, Лајбниц почиње да објављује потпуни опис свог метода 1684. Поврх тога, Лајбницова нотација и “инфинитезимални метод” постају опште прихваћени на континенту, а после 1820-те, или ту негде, и у Британској империји. Њутн је тврдио да он није био рад да објави свој инфинитезимални рачун бојећи се да би због тога могао бити исмеван. Почев од 1699, други чланови краљевског друштва оптужују Лајбница за плагијат, а овај спор избија пуном снагом у 1711. Тако започиње горка Њутнова расправа са Лајбницом око приоритета открића инфинитезималног рачуна, која ће их пратити скоро целог живота, све до смрти овог другог 1716 године. Ова расправа створиће поделу између математичара Британије и континенталне Европе, која је можда за читав век успорила напредак математике у Британији.

Њутну је одато признање за откриће генерализоване биномске теореме, важеће за било који експонент. Он је открио Њутнове идентитете, Њутнов метод, класификовао је криве конусних пресека (полиноми трећег степена са две

променљиве), дао значајан допринос теорији коначних разлика, и био први који је користио разломачке индексе и употребио координатну геометрију да дође до решења Диофантинских једначина. Извршио је апроксимацију парцијалних сума хармонијских низова помоћу логаритама (претходник Ојлерове сумирајуће формуле) и био први који је користио са сигурношћу математичке редове и обрнуте математичке редове. Он је такође открио и нову формулу за број пи (π). Постао је професор на Лукасовој катедри математике у 1669. У то време, сваки предавач на Кембриџу или Оксфорду требало је да буде рукоположени англикански свештеник. Међутим, термин Лукасовски професор подразумевао је и додатак “не бити активан у цркви” (што се подразумевало да би се добило више времена за науку). Њутнов аргумент је био, да би га због овога требало изузети од рукоположења, и Чарлс II, чије је одобрење за ово било потребно, прихватио је овај његов аргумент. Тако је избегнут конфликт између Њутнових религијских погледа и Англиканске ортодоксије.

2.3. Оптика

Од 1670 до 1672, Њутн је држао предавања из оптике. Током тог периода он је истраживао појаву преламања светлости, показавиши да се уз помоћ тростране призме бела светлост може разложити у спектар различитих боја, а да уз помоћ сочива и помоћу друге призме, овај спектар може поново да се сложи или састави у зрак беле светлости.

Такође је показао да један зрак обојене светлости када се издвоји из овог спектра даље не мења своја својства чак и када се пропушта кроз различита друга провидна тела. Њутн запажа да без обзира на то да ли је обојени зрак рефлектован (одбијен), расут или пропуштен кроз неки предмет, његова боја остаје неизмењена. Из тога следи закључак, да су боје које ми опажамо резултат интеракције од раније већ обојене светлости са телима, а не резултат тога како тела производе светлост. За више детаља о овоме, видети Њутнову теорију боја.

Из овог рада он изводи закључак да било који рефракциони телескоп (телескоп са сочивима) треба да пати од проблема дисперзије (расипања) беле светлости у разне боје, и ради тога конструише рефлексионни телескоп (телескоп са удубљеним огледалом), данас познат као Њутнов телескоп, да би њиме избегао овај проблем. Он лично, сам је брусио огледало за свој телескоп, користећи тзв. Њутнове прстенове за

процену квалитета оптике за свој телескоп, те је тако био у стању да направи један нови астрономски инструмент, супериоран у односу на тадашње рефракционе телескопе, пре свега захваљујући већем пречнику огледала. Године 1671, Краљевско друштво замолило га је за једну демонстрацију његовог рефлексионог телескопа.

Њихова заинтересованост охрабрила га је да објави свој чланак “О боји”, који је касније проширио у своје дело “Оптика”. Када је Роберт Хук почео да критикује неке од Њутнових идеја, Њутн је био тиме толико повређен да се удаљио од даљње јавне дебате. Ова два научника остаће непријатељи све до краја Хуковог живота.

Њутн је сматрао да се светлост састоји од честица, али да би објаснио преламање светлости ипак је морао да јој припише и таласна својства. Касније су, међутим, физичари углавном фаворизовали објашњење преламања светлости засновано искључиво на њеној таласној природи. Данашња, квантна механика вратила се Њутновој идеји о дуалној, таласно-честичној, природи светлости, мада данашњи концепт фотона као честица светлости веома мало подсећа на Њутнове честице (Њутн је сматрао да преламање светлости настаје убрзавањем њених честица кроз гушћи медијум).

2.4. Закон гравитације и закони кретања

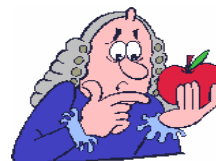
Израз за центрифугалну силу који Кристијан Хајгенс, објављује на страницама свога чувеног дела “Часовник на клатно”, заједно са тада већ познатим Кеплеровим законима кретања планета Сунчевог система, омогућио је научницима да дођу до закључка да је гравитациона сила обрнуто сразмерна са квадратом растојања. Међу првима до овог прорачуна су дошли три члана Краљевског друштва, физичар Хук, астроном Едмунд Халеј и архитекта Рен, који су о томе међусобно дискутовали у Лондону. Међутим, требало је рашити још тежи проблем, а то је како доказати да се тело чија је путања елиптичног облика креће под утицајем силе која опада са квадратом удаљености. Или обрнуто, да сила обрнуте квадратне зависности производи кретање тела по елипси, што би требало да послужи као објашњење Првог Кеплеровог закона. Размишљајући коме би могли да се обрате за решење овог проблема, који је надилазио њихове способности, сетили су се Њутна, и договорили да се Халеј у њихово име обрати Њутну за помоћ. Халеј, који је био један од секретара Краљевског друштва, то и чини, у августу месецу 1684, када посећује Њутна у Кембриџу. Интересантно је, да у

тренутку када му Халеј саопштава који је главни разлог његове посете, Њутн одмах на то одговара да је тај проблем већ решио. Односно да је доказао да из елиптичних путања кретања планета следи закон обрнуте квадратне сразмерности гравитационе силе са растојањем. Међутим, како није одмах могао и да нађе међу својим папирима овај доказ, он обећава Халеју да ће му га накнадно послати. И заиста, три месеца касније Халеју стиже од Њутна папир са строго математички изведеним доказом и решењем овог проблема. Он тада поново путује код Њутна у Кембриџ са намером да га наговори да овај рад објави, али тада затиче Њутна како ради на једном много општијем делу у које је овај рад укључен. Следеће три године Њутн предано и потпуно посвећен ради на даљем уопштавању и проширивању овог свог дела под привременим називом “О кретању” да би, коначно, 1687 године, његов труд уродио стварањем капиталног дела “Математички принципи филозофије природе”, (*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*), које се данас често популарно назива кратким именом “Принципи”. Астроном Халеј својствено се залаже око посла штампања Њутнових “Принципа”, и чак на крају посеже за новцем и из сопственог џепа онда када је каса Краљевског друштва остала испражњена. Имајући то у виду можда није ни чудно, али је свакако занимљиво, да је први тираж ове књиге, која је изазвала праву револуцију у науци и послужила за заснивање модерне физике, изашао у мање од 400 примерака. Њутнови “Принципи”, као што је речено, представљају његово капитално дело, зато што је њима обухваћен Њутнов целокупан допринос физичкој механици. Централно место ове књиге припада Њутновом закону гравитације и његовим законима кретања (I, II и III Њутнов закон), што представља тријумф његовог “дедуктивног метода”. Осим тога, он на тај начин доказује да је механичка кретања свих тела у природи могуће свести на свега три проста физичка закона, што само по себи сведочи о универзалности овог његовог дела и универзалности физике као науке. Велики допринос Њутнових “Принципа” састоји се, такође, и у томе што они отварају врата за широку примену математике у физици, односно доприносе заснивању модерне физике, као пре свега математичке науке. Међутим, приликом писања ове књиге Њутн избегава да користи у доказима своје главно математичко откриће, инфинитезимални рачун, сматрајући да ће тако саму књигу учинити разумљивијом и приступачнијом за читаоце. Ова чињеница касније ће постати један од главних узрока спорења око приоритета открића инфинитезималног рачуна, и постати главни узрок Њутновог сукоба са Готфридом Лајбницом, поред других замерки које је Лајбниц имао на Њутнов закон гравитације и

замисао празног простора вакуума, које проистиче из овог као и осталих Њутнових закона.

2.5. Њутнова јабука

Постоји популарна прича о томе како је једна јабука која је пала са дрвета инспирисала Њутна да формулише његову теорију гравитације. Илустратори и цртачи карикатура и стрипова иду још и даље, сугерушући да је јабука у ствари пала Њутну право на главу и да је тај ударац на неки начин учинио га свесним гравитационе силе. Џон Кондуит (John Conduitt), Њутнов помоћник у време док је он био управник Краљевске ковнице новца (слично нашем данашњем положају Гувернера народне банке) и муж Њутнове нећаке, пишући о Њутновом животу описао је овај догађај на следећи начин:



Године 1666 он је опет напустио Кембриџ и одмарао се код своје мајке у Линколнширу. Док се замишљено шетао по башти кривудајући тамо и онамо, пала му је на памет мисао да сила гравитације (која преноси јабуку са дрвета на земљу) није ограничена на неку одређену удаљеност од Земље, него да та сила допире много даље него што ми обично мислимо. Зашто не толико далеко као што је Месец удаљен и, ако је то тако, она мора утицати на његово кретање, рецимо задржавати Месец на његовој орбити, после чега се бацио на прорачунавање ефекта ове његове претпоставке.

Питање није било да ли гравитација постоји, него да ли њено деловање допире тако далеко од Земље да би могла да буде такође и сила која задржава Месец на његовој орбити. Њутн је показао да, ако сила гравитације опада (обрнуто је сразмерна) са квадратом растојања, на основу тога може се израчунати период Месечеве орбите, и то у веома доброј сагласности са измереним подацима. Он је даље претпоставио да је иста сила одговорна и за кретања планета по њиховим орбитама, као и друга орбитална кретања и, у складу с тиме, назвао је ову силу “универзална гравитација”.

Њутнов савременик, писац Вилијам Стакли (William Stukeley), забележио је у својим “Сећањима из живота Сер Исака Њутна” разговор са Њутном у Кенсингтону, 15 априла 1726, у којем се Њутн подсећа како је “недавно представа о гравитацији дошла у његове мисли. Било је то приликом пада једне јабуке са дрвета”, рекао је Њутн у једном замишљеном расположењу. “Зашто је то тако да јабука увек пада вертикално са дрвета

на Земљу", питао је Њутн сам себе. "Зашто се не креће на страну или навише, него увек пада према центру Земље.

На сличан начин и Волтер пише у свом "Есеју о Епској поезији" (1727), "Сер Исак Њутн ходајући по својој башти, помислио је по први пут на свој систем гравитације, гледајући једну јабуку како пада са дрвета."

Ова објашњења представљају вероватно преувеличавања Њутнове сопствене приче о томе како је седео поред прозора своје куће у Вулстроп Манору и гледао јабуку како пада са дрвета.

За многа стабла тврди се да су дрво јабуке коју је Њутн описао. У Краљевској школи у Грантаму тврде да је школа неку годину касније добила себи ово стабло, тако што га је ишчупала са кореном и пребацила у управникову башту. Особље "Националног труста за надзор над местима од историјске важности и природних лепота", у чијем је власништву данас Њутнова кућа Вулстроп Манор, оспоравају ово и тврде да је дрво које се налази у њиховој башти оно које је Њутн описао. Потомак оригиналног дрвета јабуке може се видети како расте испред главне капије Тринити Колеџа, у Кембриџу, нешто ниже од собе у којој је Њутн становао када је ту студирао.

2.6. Каснији живот

Током 1690-их година Њутн је написао већи број религиозних трактата (расправа) бавећи се буквалним тумачењима Библије.

Он је такође посветио велики део свога времена алхемији.

Њутн је такође био и члан енглеског парламента од 1689 до 1690, као и у 1701, али његов једини забележени коментар у парламенту била је жалба због хладноће и промаје у сали и захтев да се затвори прозор.

Њутн је прешао у Лондон да би преузео дужност управника Краљевске ковнице новца, 1696, положај који је стекао под покровитељством Чарлса Монтагија (Charles Montagu) првог Ерла од Халифакса, тадашњег министра финансија. Он је преузео одговорност над енглеским великим ковањем новца, понекад стајући на жуљ управнику Лукасу (и издвезствујући Едмонду Халеју посао помоћног контролора привремене Честер филијале). Њут је постао вероватно најпознатији управник Краљевске ковнице,

након Лукасове смрти у 1699, и на том положају остао је све до своје смрти. Ово запослење требало је да буде синекура (посао без много одговорности или ангажовања), али Њутн га је схватио озбиљно, ослобађајући се својих дужности у Кембриџу 1701, и користећи своју моћ да реформише валуту и да кажњава “гребаторе” (преваранте који су гребали материјал са ивица златних и сребрних новчића и тако обезвређивали њихову вредност, због чега су новчићи касније израђивани са назубљеним ивицама) и фалсификаторе новца. Као управник ковнице Њутн је неофицијелно пребацио фунту стерлинга из сребрног у златни стандард, стварањем везе између златника и сребрног пенија по основу “Закона Краљице Ане”. То су биле велике и значајне реформе у то време, које су значајно поправиле богатство и стабилност Енглеске. Због овог његовог рада у ковници новца, више него због његових пређашњих доприноса науци, он је стекао титулу витеза (Сера) у служби Краљице Ане, 1705 године.

Њутн је 1703 постао председник Краљевског друштва и члан француске Академије наука. На положају председника Краљевског друштва он је стекао непријатеља у Џону Фламстиду (John Flamsteed), краљевском астроному, тако што је преурањено објавио и користио у својим студијама Флемстидов звездани каталог. Њутн је умро у Лондону, 20. марта 1727, и сахрањен је у Вестминстерској опатији. Након смрти, у Њутновом телу откривена је значајна количина живе, што је вероватно последица његових алхемијских трагања. Ово тровање живом можда би могло објаснити Њутново ексцентрично понашање у каснијим годинама живота.“[6]

3. ЊУТНОВИ ЗАКОНИ

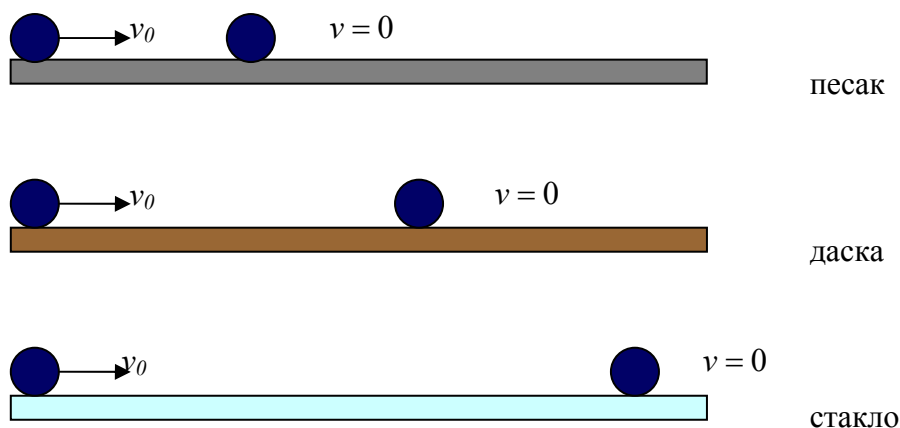
Тема се обрађује у шестом и седмом разреду основне школе и у првом разреду гимназије.

Циљ: Познавање везе између сила које делују на неко тело и параметра кретања тела.

3.1. ПРВИ ЊУТНОВ ЗАКОН

Промена брзине тела је резултат деловања других тела на дато тело, то јест резултат дејства силе. Какво је кретање тела ако на њега не делују силе, односно ако се дејства свих сила која на њега делују међусобно поништавају?

Познато је из свакодневног искуства да ако се на тело не делује непрекидно силом, тело се пре или касније, зауставља. Исто тако је познато да је потребно вући или гурати тело, да би се тело кретало сталном брзином. На основу овога би се могао извући погрешан закључак – да је равномерно кретање тела резултат узајамног деловања са неким другим телом. Грешка је у томе што се губе из вида друга тела чија се дејства на посматрано кретање откривају пажљивим проучавањем. Може се утврдити да та друга тела делују силама трења или отпора и да је резултујућа сила у случају равномерног и праволинијског кретања једнака нули. Одавде следи да је, и у случају *када на тело не делују друга тела, кретање равномерно и праволинијско*. Ово је тешко проверити експериментално, пошто није могуће у потпуности отклонити дејства других тела. Што је резултујуће дејство других тела слабије, кретање је ближе равномерно и праволинијском кретању.



Слика. 3.1

Ако се челичној куглици саопшти иста почетна брзина, у првом случају подлога је песак, у другом даска а у трећем слућају стакло (сл.3.1), анализирајмо шта се дешава:

- Кретање куглице по песку – до заустављања ће се кретати кратко време и прећи ће краћи пут.
- Кретање куглице по дасци – до заустављања ће се кретати дуже време и прећи ће дужи пут, јер даска делује слабијом силом трења на куглу него песак.
- Кретање куглице по стаклу - до заустављања ће се кретати још дуже време и прећи ће много дужи пут, брзина куглице ће се још спорије смањивати, јер стакло делује много слабијом силом трења на куглицу него даска.

Ово показује да, кад би било могуће отклонити дејство силе трења, куглица би се кретала истом брзином неограничено дуго. На основу оваквих размишљања Галилеј је закључио да се тело креће сталном брзином, ако на њега не делује друго тело.[7]

Такође, познато је да је потребно да на тело делује нека сила да би се покренуло из мировања. Ово значи да се тело може покренути из мировања само када резултујуће дејство других тела није једнако нули.

Уопштавајући ове чињенице, Њутн је формулисао *I закон динамике транслаторног кретања*:

Тело ће остати у стању мировања или равномерног праволинијског кретања ако на њега не делују силе.

Услов „не делују силе“ не сме се схватити буквално већ под њим треба подразумевати да је резултујућа сила која делује на тело једнака нули.

Из I Њутновог закона динамике следи даје збир свих сила које делују на тело једнак нули, ако је оно у миру или се креће равномерно праволинијски:

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots + \vec{F}_n = \vec{F}_r = 0$$

Појава – да се брзина и правац кретања тела не мењају када на њега не делују друга тела, или се њихова дејства међусобно поништавају – назива се *инерција*. За тело које се креће равномерно и праволинијски, каже се да се креће по инерцији. Стога се I Њутнов закон често назива *закон инерције*.

3.1.1. ОБРАДА НАСТАВНЕ ЈЕДИНИЦЕ I ЊУТНОВ ЗАКОН

ТОК ЧАСА

1. Формирање група
2. Обнављање градива (потребно предзнање)
3. Оглед – разговор о изведеном огледу
4. Изношење резултата и закључака
5. Дефинисање закона

КОРАК- 1: ФОРМИРАЊЕ ГРУПА

Подела ученика у групе методом случајног узорка. Ученици се деле у групе тако што узимају листће на којима су исписана слова Њ, У, Т, Н. Они који су извукли исто слово чине једну групу.

КОРАК-2: ОБНАВЉАЊЕ ГРАДИВА- ПОТРЕБНО ПРЕДЗНАЊЕ

Равномерно праволинијско кретање

Појам силе трења

Појам резултујуће силе

Сила теже

КОРАК- 3: ОГЛЕДИ

Свака група добија писано упуство и велики пак папир на коме ће исписати своја запажања, одговорити на питања дата у упуству и извести закључак.

Предзнање

- Параметри кретања.
- Кретање тела је потпуно познато ако је, поред почетног положаја и почетне брзине, познато и убрзање.
- Појам равномерног праволинијског кретања.
- Сила је мера величине деловања једних тела на друга услед којег долази до:
 - а) деформације тела
 - б) појаве убрзања (започињања или престанка кретања, промене брзине или правца кретања).
- Справа за мерење силе - динамометар.
- Сила је векторска величина.
- Сабирање, односно одузимање сила врши се према правилима које важе за векторске величине.
- Резултанта је сила која замењује дејство две или више сила.

Претпостављени одговори

- Промена брзине тела је резултат дејства других тела на дато тело.
- „Ако на тело не делујемо сталном силом оно се после извесног времена зауставља.“
- На куглицу делују сила трења и отпора.
- Ако се занемаре сила трења и отпора, кретање куглице је равномерно и праволинијски.
- Да би се тело покренуло из мировања, потребно је да на тело делује неко друго тело, тј. сила.
- Ако је збир свих сила које делују на тело једнак нули тело мирује или се креће равномерно праволинијски.

3.1.2. ОГЛЕДИ

- I. „Кретање куглице дуж различитих подлога“ – **Група Њ**
- II. „Инерција 1“ – Новчић и чаша - **Група У**
- III. „Инерција 2“ – Кидање конца - **Група Т**
- IV. „Инерција 3“ - Куглица и чаша - **Група Н**

3.1.2.1. Кретање куглице дуж различитих подлога

Циљ

Уочити да је кретање тела, ближе равномерном и праволинијском кретању, ако је резултујуће дејство других тела слабије.

Предзнање

Равномерно праволинијско кретање

Појам силе трења

Појам резултујуће силе (резултууће дејство)

Потребан прибор

1. два лењира
2. књига
3. челична куглица
4. вунена тканина
5. пак папир
6. глатка подлога



Слика .3.2

Припрема и извођење огледа

Два лењира поставе се на књигу, тако да им се делови са милиметарском поделом поклапају (то ће бити жљеб) (сл.3.2). На хоризонталној подлози прво постављамо вунену тканину. Са врха лењира пуштамо челичну куглицу и посматрамо кретање куглице по хоризонталној подлози. Затим поступак понављамо са другом подлогом - картон, потом са глатком подлогом (подлога стола).

Вршимо процену пређеног пута, времена кретања до заустављања, као и врсту кретања према облику путање.

Врста подлоге	Пређени пут куглице	Време кретања куглице до заустављања	Облик путање
Вунена тканина			
Картон			
Глатка подлога			

Објашњење

Пуштањем куглице низ жљеб, увек са истог места, омогућује се да куглица увек има исту почетну брзину у тренутку преласка на хоризонталну подлогу.

Попуњавањем горње табеле лако се уочава да подлога утиче на кретање куглице. Куглица се креће праволинијски, успорено, и у једном тренутку се заустави. То се дешава зато што на куглицу делује подлога одређеном силом у супротном смеру од брзине куглице, (сила трења). Променом подлоге мења се и сила трења, што је подлога мање хrapавија, сила трења која делује на куглицу је мања. Не можемо наћи подлогу без трења, али огледи показују, када би било могуће отклонити дејство силе трења, куглица би се кретала истом брзином неограничено дуго.

Закључак

Свако тело задржаве стање мировања или равномерног праволинијског кретања све док не интереагује са другим телом, (тј. на њега не делују силе).

Збир свих сила које делују на тело једнак је нули ако је оно у миру или се креће равномерно праволинијски.

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots + \vec{F}_n = \vec{F}_r = 0$$

Демонстрација појаве да се брзина и правац кретања тела не мењају када на њега не делују друга тела или се њихова дејства међусобно поништавају – назива се *инерција*. За тело које се креће равномерно и праволинијски каже се да се креће по инерцији.

Усвојени појмови

Први Њутнов закон

Појам инерције

3.1.2.2. „Инерција 1“ – Новчић и чаша

Циљ

Уочити тежњу тела да остане у стању мировања, то јест појаву инерције

Предзнање

Појам силе

Потребан прибор

1. чаша
2. комад полутврдог картона
3. метални новац

Припрема и извођење огледа

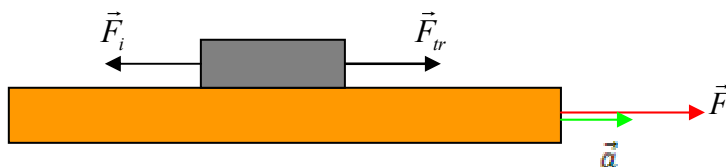
Картон се постави на чашу, као што је приказано на слици (сл.3.3) и на њему метални новчић. Картон се нагло повуче, новчић упада у чашу.



Слика. 3.3

Објашњење

На новчић делују две силе у правцу кретања картона, сила трења и инерцијална сила, када се картон нагло повуче. (сл.3.4)



Слика.3.4

Њихова резултанта једнака је нули, $\vec{F}_i + \vec{F}_{tr} = 0$ а у вертикалном правцу делује сила теже и сила реакције подлоге (ове две силе се поништавају). Када се картон нагло повуче, новчићу измиче подлога, он упада у чашу под дејством силе теже.

Инерцијална сила, то је фиктивна сила инерције, није изазвана деловањем неког тела, али се њено дејство осећа. Усмерена је у супротном смеру од смера кретања подлоге то јест картона.

Инерцијалне силе су последица убрзаног кретања референтног система и делују на тела само у неинерцијалним системима. Интезитет инерцијалне силе једнак је производу масе тела и убрзања система, правац је исти као правац убрзања система, а смер је супротан: $\vec{F}_i = -m\vec{a}$

Закључак

Новчић тежи да задржи стање мировања, опире се промени положаја.

Усвојени појмови

Инерција

3.1.2.3. „Инерција 2“ – Кидање конца

Циљ

Уочити тежњу тела да остане у стању мировања

Предзнање

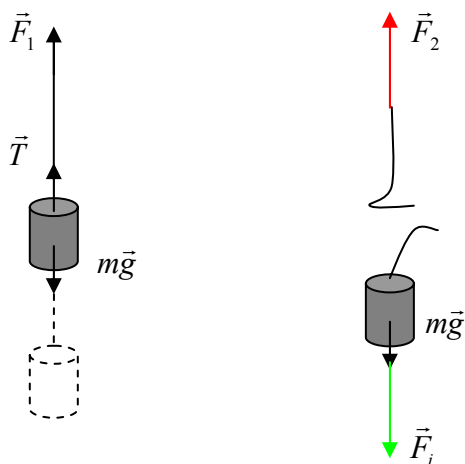
- Појам силе
- Сила теже

Потребан прибор

1. комад тањег конца
2. тег од 1kg или 2kg

Припрема и извођење огледа

Комад танког конца вежемо за тег, (сл.3.5) у првом случају подижемо конач и тег лагано, а у другом случају нагло повучемо конач.



Слика 3.5

Објашњење

Кад вучемо конач са тегом, мањом силом $\vec{F}_1$, равномерно, конач се не кида и тег се подиже. Повучемо ли конач нагло, трзајем, силом $\vec{F}_2$, конач се прекида. У трнутку наглог трзаја, импулсна сила проузрокује кидање конца, а тег се опире промени стања мировања. Услед наглог трзаја на тег делује поред силе теже и фиктивна инерцијална сила чије дејство се преноси на конач и он се кида.

Закључак

Тег се опире промени положаја, тежи да задржи стање у којем се налази.

Усвојени појмови

Инерција

3.1.1.4. „Инерција 3“- Куглица и чаша

Циљ

Уочити тежњу тела да остане у стању у коме се налази

Предзнање

Основни појмови везани за кретање:

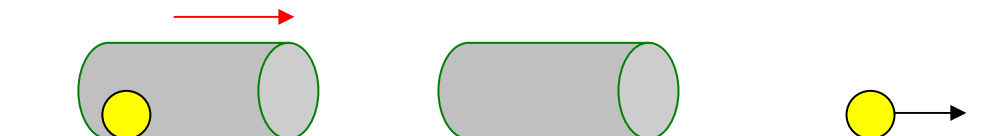
- Померај
- Пређени пут
- Брзина
- Убрзање

Потребан прибор

1. конзерва или чаша
2. куглица

Припрема и извођење огледа

Ставимо куглицу у конзерву и положимо конзерву на сто. (сл.3.6) Покренемо конзерву по површини стола са отвором окренутим напред. Затим конзерву нагло зауставимо. Посматрамо ште се дешава.



Слика 3.6

Објашњење

За време кретања конзерве куглица остаје непокретна као да је учвршћена за њено дно. Ако нагло зауставимо конзерву куглица ће излетети из ње и продужити да се креће у правцу ранијег кретања конзерве.

Закључак

Куглица тежи да задржи стање у којем се налази.

Усвојени појмови

Инерција

КОРАК- 4: ИЗНОШЕЊЕ ЗАКЉУЧАКА

Ученици сва своја запажања и одговоре на питања, записују на великим пак папирима. Потом свака група залепи свој пак папир на таблу. Редом поново изводе огледе тако да сви ученици у одељењу могу да их виде уз потребна објашњења и изношења закључка. Наравно уз дискусију, усвајају се уз помоћ наставника, закључци и дефинише закон.

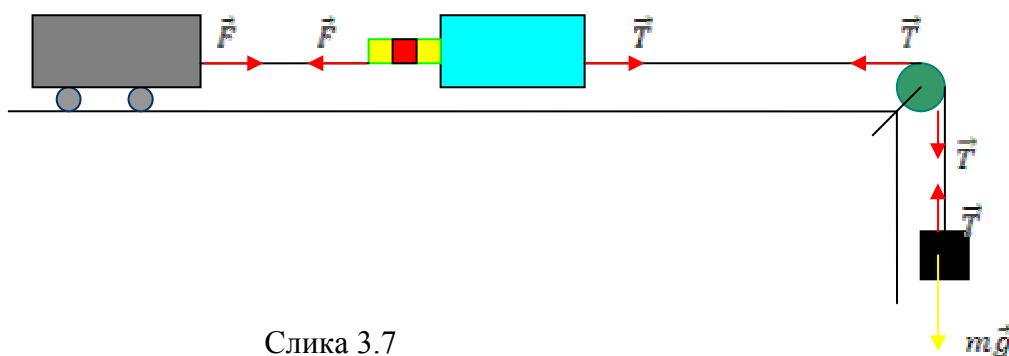
КОРАК-5: ДЕФИНИСАЊЕ ЗАКОНА

Тело се креће равномерно праволинијски или мирује ако на њега не делују друга тела (или се деловање других тела међусобно поништавају).

3.2 ДРУГИ ЊУТНОВ ЗАКОН

Ако се мења брзина или правац кретања тела, то јест ако постоји убрзање, могуће је увек наћи тело или неколико тела чије је дејство проузроковало то убрзање. У оваквом случају се каже да на посматрано тело делује нека резултујућа сила. Другим речима: убрзање тела узрокује резултујућа сила која делује на то тело.

Треба наћи везу између резултујуће силе и убрзања.



Слика 3.7

Колица су преко динамометра и канапа пребаченог преко котура везана за тег (сл.3.7). Величина силе којом тег делује на колица мери се динамометром. Убрзање колица може се наћи из пређеног пута и времена. Мерња у датом случају показују да је пут сразмеран квадрату времена што значи да је кретање колица равномерно убрзано. Стога се убрзање колица одређује из формуле:

$$a = \frac{2s}{t^2}.$$

Употребом различитих тегова на колица ће деловати сила сваки пут различитог интензитета ($F_1, F_2, F_3, \dots$). Налазећи одговарајућа убрзања ($a_1, a_2, a_3, \dots$), долази се до следећег закључка да су убрзања управо сразмерна силама:

$$a \sim F$$

(ово неће важити ако подлога није довољно глатка јер тада на кретање колица утиће сила трења).

Уколико се на колица додају тегови, тиме мењамо масу колица, мерења показују да је убрзање колица обрнуто сразмерно маси:

$$a \sim \frac{1}{m}$$

О зависности убрзања тела од масе и силе говори *II Њутнов закон*:

Убрзање тела управо је сразмерно сили која на њега делује, а обрнуто сразмерно маси тела:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}.$$

II Њутнов закон може се формулисати и на следећи начин:

Сила која делује на неко тело једнака је производу масе тела и убрзања, које тело добија под дејством те силе:

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

У случајевима када на тело делује истовремено више сила, у изразу за *II Њутнов закон* сила $\vec{F}$ представља резултанту свих сила које делују на тело.

Из *II Њутновог закона* изведена је јединица за силу. Сила под чијим дејством тело масе 1kg добија убрзање $1\frac{m}{s^2}$ узета је за јединицу силе која се назива њутн ($1N = 1\text{kg} \cdot 1\frac{m}{s^2}$).

3.2.1. ИНЕРТНОСТ

Чињеница - да различита тела под дејством исте силе добијају различита убрзања – изражава се на тај начин што се каже да тела имају различиту инертност.

Инертност је мерљива особина тела јер се може упоређивати, тј. може се дефинисати једнакост инертности. Два тела имају једнаку инертност ако под дејством

силе истог интензитета добијају једнака убрзања. Инертност тела је утолико већа што је већа сила која је потребна да тело добије неко одређено убрзање.

Инертност као једна од особина тела изражава се посебном физичком величином која се назива маса.

Маса је физичка величина којом се квантитативно описује инертност тела при транслаторном кретању. Односно, маса је дефинисана као мера инертности тела.

Треба напоменути да појам масе често остаје несхваћен због погрешне употребе ове речи. Често се каже: „маса окачена о канап“, „маси је саопштено убрзање“ и слично. Оваквом употребе речи маса, губи се из вида да је маса особина тела, као што је прозачност воде особина воде, а белина снега особина снега. Такође се често појам масе брка са појмом количина материје. Према Ајнштајновој теорији релативитета маса тела у кретању није константна, већ се повећава са повећањем брзине. Ако се под количином материје подразумева број атома или молекула у датом телу, јасно је да то не одговара појму масе, јер број атома у неком телу не зависи од брзине тела.

За јединицу масе изабрана је договором маса једног одређеног тела – ваљка направљеног од легуре платине (90%) и иридијума (10%), чији је пречник једнак висини (39 mm), који се чува у Севру крај Париза. Ова јединица за масу назива се килограм (kg).

3.2.2. ФОРМУЛАЦИЈА II ЊУТНОВОГ ЗАКОНА

Други Њутнов закон може се написати и у нешто измењеном облику који, често, олакшава решавање механичких проблема:

$$\begin{aligned}\vec{F} &= m\vec{a} \\ \vec{F} &= m \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = m \frac{(\vec{v}_2 - \vec{v}_1)}{t_2 - t_1} \quad \text{тј.} \quad \vec{F} = \frac{m\vec{v}_2 - m\vec{v}_1}{t_2 - t_1} = \frac{\vec{p}_2 - \vec{p}_1}{t_2 - t_1} \\ \vec{F} &= \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}\end{aligned}$$

Количник промене импулса тела и временског интервала једнак је резултујућој сили која на то тело делује током тог времена.

Птриликом обраде ове наставне јединице од ученика се очекује следеће:

Предзнање

- Параметри кретања.
- Кретање тела у простору може се одредити ако је поред почетног положаја и почетне брзине, позната промена брзине са временом односно убрзање.
- Појам убрзања
- Појам равномерно променљивог праволинијског кретања.
- Сила је мера величине деловања једних тела на друга услед којег долази

до:

- а) деформације тела
- б) појаве убрзања (започињања или престанка кретања, промене брзине или правца кретања).
- Справа за мерење силе је динамометар.
- Сила је векторска величина.
- Сабирање, односно одузимање сила врши се према правилима које важе за векторске величине.
- Резултанта је сила која замењује дејство две или више сила.

Претпостављени одговори

- Промена брзине тела је резултат дејства других тела на дато тело.
- Убрзање је једнако промени брзине у јединици времена.
- Ако на тело не делујемо сталном силом оно се после извесног времена зауставља.
- Да би се тело покренуло из мировања, потребно је да на тело делује неко друго тело, тј. сила.
- Под дејством силе истог интензитета различита тела добијају различита убрзања.

3.2.2.1. ОГЛЕД - „ФЛИПЕР“

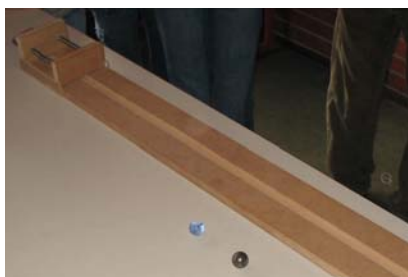
Циљ

Наћи везу између резултујуће силе, масе тела и убрзања.

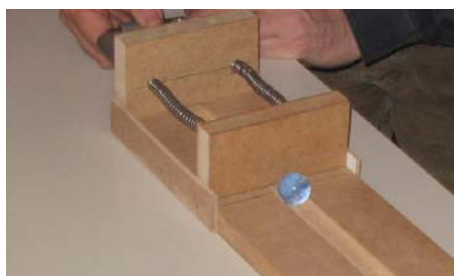
Потребан прибор

1. Куглице истих димензија различитих супстанција (стакло и гвожђе)
2. Даска са жљебом
3. Две опруге и потезач
4. Хронометар
5. Метарска трака

Припрема и извођење огледа



Слика 3.8



Слика 3.9

Као што се види на сликама (сл.3.8) и (сл.3.9), стаклени кликер постави се на одређено место, затим се затезачем ударна дашчица помери уназад. Ако желимо да делујемо силом истог интензитета, увек је постављамо до одређене, обележене границе. Пуштамо затезач и пратимо кретање кликера. Исти поступак се понови са гвозденим кликером. Упоредимо дужину пређеног пута и време кретања стакленог и гвозденог кликера.

Ако претимо дејство сила различитих интензитета (F , $2F$, $3F...$) на једно исто тело, онда затезач више затежемо, до одређених граница, и увек делујемо на исту куглицу.

Објашњење

У овом експерименту дејство силе трећа не можемо занемарити, па ће се куглица после неког времена зауставити. Пратићемо пређени пут, време кретања кликера и процењујемо промену брзине.

кликер	сила	пређени пут	време кретања
стаклени	F		
гвоздени	F		

кликер	сила	пређени пут	време кретања
гвоздени	F		
гвоздени	2F		
гвоздени	3F		

На основу података из прве табеле, можемо видети да дејством силе истог интензитета различита тела прелазе различите путеве, то јест имају различиту промену брзине. Значи: *Под дејством силе истог интензитета различита тела добијају и различита убрзања то јест тела имају различиту инертност.*

Промена брзине, односно убрзања, обрнуто је сразмерна маси куглица.

Ако делујемо на гвоздену куглицу силама интензитета F, 2F, 3F, примећујемо да се путеви разликују то јест да се повећавају, као времена кретања куглице а тиме и промена брзине.

Промена брзине, односно убрзања, управо је сразмерно сили.

Резултујућа сила која делује на неко тело, једнака је производу масе тела и убрзања, које тело добија под дејством те силе:

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

Када се куглица креће по жљебу на њу делује само сила трења, која успорава тело (сл.3.10).



Слика 3.10

$$\vec{F}_{tr} = m\vec{a}$$

Закључак

Тела која имају већу инертност, односно већу масу, добиће мање убрзање при дејству исте силе, од тела која имају мању инертност.

Убрзање је управо сразмерно сили а обрнуто сразмерно маси тела.

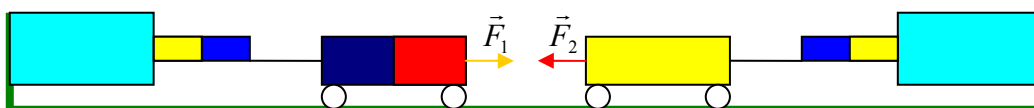
Усвојени појмови

- Инертност
- Други Њутнов закон

3.3. ТРЕЋИ ЊУТНОВ ЗАКОН

Сила је мера узајамног деловање једних тела на друга услед којег долази до промене кретања тела или деформације тела. То деловање је узајамно. Ако на тело А делује неко тело Б, онда и тело Б делује на тело А. Другим речима: при узајамном деловању два тела увек постоје две силе – једна делује на једно тело, а друга на друго тело.

На пример, магнет причвршћен за једна колица и комад гвожђа причвршћен за друга колица делују један на други силама које се могу мерити динамометрима закаченим за колица. (сл.3.11) Динамометар прикачен за колица са гвожђем показује величину силе којом магнет привлачи гвожђе; динамометар прикачен за колица са магнетом показује величину силе којом гвожђе привлачи магнет.



Слика 3.11

Овај оглед не само што показује да постоје истовремено обе ове силе, већ и то да су њихове величине једнаке. Ова чињеница представља садржину Трећег Њутновог закона који гласи:

Два тела дејствују једно на друго силама које имају исти правац и величину, а супротног су смера.

Математички израз Трећег Њутновог закона је:

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$$

Треба имати у виду да силе $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$ не делују на исто тело. Сила $\vec{F}_1$ делује на прво тело, а сила $\vec{F}_2$ на друго тело, стога је бесмислено говорити о резултанти тих сила пошто оне не делују на исто тело.

Постоји још једна важна особина ове две силе, које се појављују истовремено при узајамном дејству тела. Те силе имају увек исту природу.

Силе $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$ често се називају *акција* и *реакција* или дејство и противдејство, те се Трећи Њутнов закон формулише врло кратко:

Акција је једнака реакцији, или дејство је једнако противдејству.

За проверу Трећег Њутновог закона од ученика се очекује следеће:

Предзнање

- Сила је мера величине деловања једних тела на друга услед којег долази до:
 - а) деформације тела
 - б) појаве убрзања (започињања или престанка кретања, промене брзине или правца кретања).
- Справа за мерење силе је динамометар.
- Сила је векторска величина.
- Сабирање, односно одузимање сила врши се према правилима које важе за векторске величине.
- Резултанта је сила која замењује дејство две или више сила.

Предпостављени одговори

- Деловање једних тела на друга је узајамно.
- При узајамном деловању два тела увек постоје две силе, једна делује на једно тело а друга на друго тело.
- Силе се јављају истовремено при узајамном дејству тела.

3.3.1. ОГЛЕД – „ЛЕТ ДО ЗВЕЗДА“

Циљ

Учити узајамно деловање тела, реактивно кретање, кретање балона по принципу силе реакције.

Потребан прибор

1. Балон
2. Најлон конац за пецање (око 5m)
3. Сламчица
4. Штипаљка
5. Селотејп трака



Слика 3.12

Припрема и извођење огледа

Напумпамо балон и отвор стегнемо штипаљком, затим кроз сламчицу провучемо најлон конац. (сл.3.12) Сламчицу залепимо за балон. Затегнемо крајеве конца и одвојимо штипаљку. Посматрамо шта се дешава . (сл.3.13)



Слика 3.13

Објашњење

Реактивно кретање се остварује на тај начин што се из балона избацује ваздух у једном смеру, а балон тада добија брзину у супротном смеру.

$$p_v = p_b$$

$$m_v v_v = m_b v_b$$

где је: p_v - импулс ваздуха, m_v - маса ваздуха, v_v - брзина ваздуха, p_b - импулс балона, m_b - маса балона, v_b - брзина балона. Погонско гориво је ваздух. Брзина балона након избацивања ваздуха је:

$$v_b = \frac{m_v}{m_b} v_v$$

Величина брзине истицања ваздуха v_v из балона, у коме влада неки притисак p_1 и ако је спољашњи притисак p_{at} (нормални атмосферски притисак), уз услов да је $p_1 > p_{at}$, добија се применом Бернулијеве једначине:

$$v_v = \sqrt{\frac{2(p_1 - p_{at})}{\rho_v}}$$

Притисак p_1 може да се одреди помоћу Бојл – Мариотовог закона, где је ρ_v (- густина ваздуха) = 1,293 kg/m³.

Заменом v_v у израз за v_b добија се израз за брзину балона.

Закључак

Покретање балона врши реакција ваздуха који делује унапред и потискује балон. Излазак гасова врши се континуално са сталном брзином v_v . Сила F која потискује ракету унапред је према другом Њутновом закону :

$$F = \frac{\Delta(m_v v_v)}{\Delta t} = \frac{\Delta m_v}{\Delta t} v_v$$

Погонска сила ракете зависи од количине избаченог ваздуха у јединици времена и од брзине изласка ваздуха.

Усвојени појмови

- Сила акције и сила реакције
- Реактивно кретање

4. УСЛОВИ ПОД КОЈИМА ЊУТНОВИ ЗАКОНИ ВАЖЕ

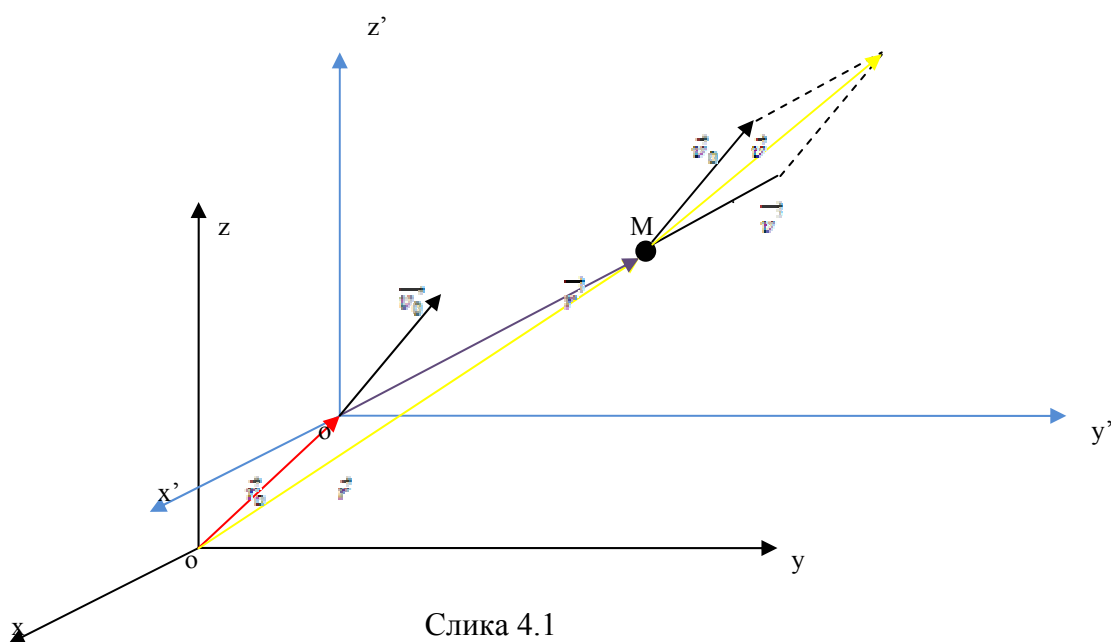
Формулишући I Њутнов закон (Закон инерције) коришћени су појмови као што су „мировање“ или „равномерно кретање“. Поставља се питање колико је оправдано користити ове појмове пошто се сва тела у природи крећу и да се чак планета Земља креће убрзано, па самим тим и сва тела која су на Земљи. За разлику од Њутна који је користио појмове као што су „апсолутни простор и време“ и „апсолутно кретање као промена апсолутног положаја“, ми знамо да се у реалном свету промена положаја тела (кретање) може одредити само у односу на неко друго материјално тело. Свако од њих можемо прогласити за непокретно и за њега „везати“ координатни систем који ће онда

бити непокретан, а у односу на њега тела ће мировати, равномерно или убрзано се кретати [8].

4.1. ИНЕРЦИЈАЛНИ СИСТЕМ РЕФЕРЕНЦИЈЕ

Може се рећи и да карактер кретања тела зависи од карактера кретања посматрача. Први Њутнов закон не даје довољно информација о томе у односу на који координатни систем ће тело, ако на њега не делују силе, по инерцији мировати или се равномерно праволинијски кретати. Наиме, кретање које је равномерно праволинијско у односу на један координатни систем, може бити убрзано у односу на други систем (који се креће неким убрзањем у односу на први). То значи да I Њутнов закон важи само за специјалну класу координатних система и да не важи увек. Систем у коме важи I Њутнов закон назива се инерцијални систем референције, а онај у коме не важи је неинерцијални систем референције.

Експерименталним путем је показано да се инерцијалним системом може сматрати хелиоцентрични систем, координатни систем у чијем је центру Сунце, а осе су, на одговарајући начин, управљене према далеким звездама. Инерцијалних система референције може бити бесконачно много, јер сваки систем који се креће равномерно праволинијски (или мирује) у односу на инерцијални систем је, такође, инерцијални систем. На слици (сл.4.1) је приказан координатни систем K и координатни систем K' који се креће у односу на систем K , константном брзином $\vec{v}_0$.



Слика 4.1

Нека је $\vec{r}_0$ - вектор положаја координатног система К', $\vec{r}$ - вектор положаја тачке М у покретном систему и $\vec{r}'$ - вектор положаја тачке М у односу на систем који мирује К. Онда је:

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{r}'$$

После диференцирања по времену добија се израз за брзину:

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{v}'$$

$$\vec{v}' = \vec{v} - \vec{v}_0 \quad (*)$$

Пошто је $\vec{v}_0 = \text{const}$ (како смо претпоставили), онда је и $\vec{v}' = \text{const}$, ако је $\vec{v} = \text{const}$. односно: ако се тачка М креће равномерно праволинијски и у односу на систем К. Другим речима, ако је систем К инерцијални, онда је и систем К' инерцијални систем референције.

Ако брзина тачке М није константна у односу на инерцијални систем референције К, онда тачка има убрзање и у односу на инерцијални систем референције К', при чему је:

$$\frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d\vec{v}_0}{dt} + \frac{d\vec{v}'}{dt}$$

$$\vec{a} = \vec{a}' \quad (**)$$

јер је $\frac{d\vec{v}_0}{dt} = 0$ (систем К' се креће равномерно у односу на К).

Значи да ће тачка М имати исто убрзање и за посматрача у систему К и за посматрача у систему К', па се каже да је убрзање инваријантно у односу на избор инерцијалног референтног система.

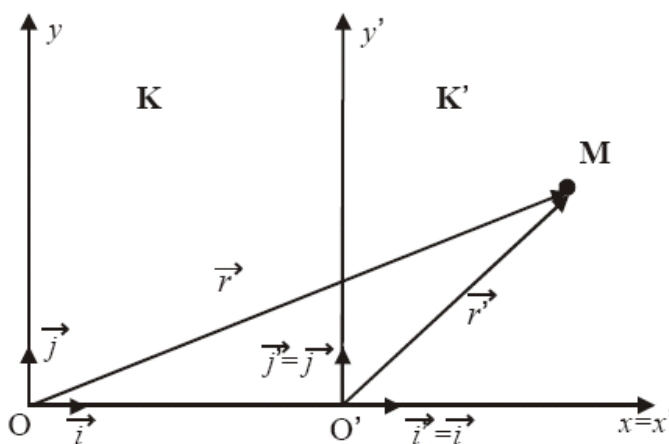
Особине још неких физичких величина у инерцијалним системима референције (без доказа):

- У свим инерцијалним системима време тече једнако.

- Маса тела је константна и не зависи од избора координатног система и у свим инерцијалним системима је једнака.
- Растојање између две тачке посматрано у истом тренутку из два инерцијална система референције је једнако.
 - Релативна брзина две тачке мерена у истом тренутку је иста у свим инерцијалним системима референције.
- Множењем израза $(**)$ масом (која је иста у свим инерцијалним системима) закључујемо да силе узајамног дејства два или више тела (или физичког поља и тела) такође не зависе од избора инерцијалног система референције, што значи да су сви закони динамике једнаки у свим инерцијалним системима.

Последњи закључак може се преформулисати на начин да се кретање неког тела у систему референције који мирује одвија на исти начин као да се тај систем креће равномерно праволинијски, не постоји начин, у оквиру механике, да се помоћу неког експеримента утврди да ли систем мирује или се равномерно праволинијски креће. Тако се долази до формулације познате под називом Галилејев принцип релативности: Сви инерцијални системи су еквивалентни и у њима закони динамике имају исти облик. Ма који од њих можемо сматрати да је у миру, а да се сви остали крећу у односу на њега равномерно праволинијски.

4.2. НЕИНЕРЦИЈАЛНИ СИСТЕМ РЕФЕРНЦИЈЕ



(сл.4.2)

Посматрајмо два координатна система, K и K' , (сл.4.2) за које важи да је у почетном тренутку, $t = 0$:

$O \equiv O'$ и $\vec{v}_0 = v_0 \vec{i}$ је почетна брзина система K' у односу на систем K . Ако се систем K' креће праволинијски равномерно убрзано (убрзањем $\vec{a}_0$ у односу на K , у неком произвољном тренутку биће:

$$\vec{OO'} = \left(v_0 + \frac{1}{2} a_0 t^2 \right) \vec{i}$$

Нека су $\vec{r}$ и $\vec{r}'$, радијус вектори положаја тачке M у систему K и K' , редом. Онда, са слике видимо да је:

$$\vec{r} = \vec{r}' + \vec{OO'} = \vec{r}' + \left(v_0 + \frac{1}{2} a_0 t^2 \right) \vec{i}$$

Диференцирањем по времену овог израза добија се веза између брзине тачке M мерене из система референце K ($\vec{v}$) и брзине те тачке у односу на систем K' ($\vec{v}'$):

$$\vec{v} = \vec{v}' + (v_0 + a_0 t) \vec{i}$$

Поновним диференцирањем по времену, добија се:

$$\vec{a} = \vec{a}' + \vec{a}_0$$

Дакле, може се рећи да убрзање није инваријантно у односу на неинерцијални систем референце, а након множења горњег израза масом јасно је да ни сила није инваријантна у односу на неинерцијални систем референције:

$$\vec{F} = \vec{F}' + m\vec{a}_0$$

$$\vec{F}' = \vec{F} - m\vec{a}_0$$

То значи да за посматрача у неинерцијалном систему референције осим сила које су последица интеракције тела са другим телима ($\vec{F}$), постоји још нека „сила“ која није узрокована деловањем неког другог тела, већ кретањем самог референтног система. Из горњег израза се види да тело има убрзање у односу на неинерцијални систем референције чак и када је сума свих сила које делује на њега једнака нули и када

се оно, због тога, креће равномерно праволинијски у односу на инерцијални систем референце. Зато увођењем инерцијалне силе, облика:

$$\vec{F}_i = -m\vec{a}_0$$

дефинишемо II Њутнов закон за неинерцијалне системе као:

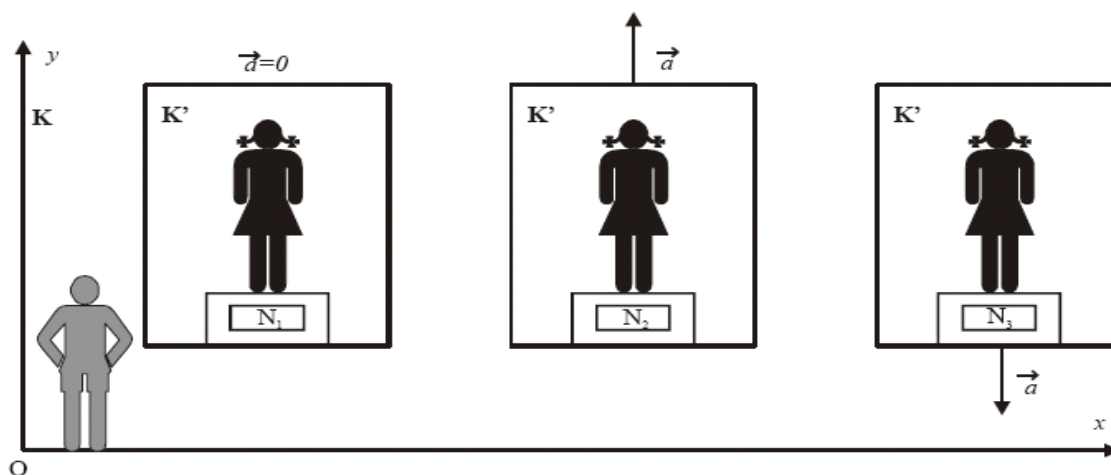
$$\vec{F}' = \vec{F} + \vec{F}_i$$

При описивању кретања тела у неинерцијалним системима референције можемо се служити једначинама динамике, које су исправне само за инерцијалне системе, ако упоредо са силама које су узроковане деловањем других тела или поља, узмемо у обзир и такозване инерцијалне силе.

Промена импулса тела у јединици времена (или производ масе и убрзања тела) једнака је резултанти свих сила (реалних и инерцијалних) које на то тело делују.

Пример 1

Девојчица масе $m=50\text{ kg}$ стоји у кабини лифта, на платформи на којој је могуће читавати вредност силе којом платформа делује на девојчицу (N). (сл.4.3)



(сл.4.3)

Подсетимо се ранијег тврђења, да је маса инваријантна на избор координатног система и да не зависи од дејства било које силе на тело. Тако девојчица има исту масу на тлу, у лифту који се креће, на Месецу или Марсу, свеједно. Оно што није исто су

закони динамике, па ће тако читавање на платформи зависити од стања кретања лифта. Такође је јасно да ће и девојчица, која се налази у лифту и дечак, који је ван лифта (посматрача из инерцијалног система референце, К, везаног за земљу) прочитати исту вредност са платформе. Различито је и њихово објашњење тог читавања.

Нека се, у првом случају кабина лифта не креће, или ако се креће, нека је то кретање равномерном брзином у односу на дечака (систем К). На девојчицу делује сила Земљине теже, вертикално надоле и сила којом платформа делује вертикално на горе. Дечак пише једначину кретања девојчице на следећи начин:

$$ma = 0 = N_1 - mg$$

$$N_1 = mg$$

Узмемо ли да је убрзање Земљине теже $g = 9.8 \text{ m/s}^2$, добијамо да се на платформи читава сила од $N_1 = 490 \text{ N}$.

Девојчица се, са друге стране, налази у стању мировања у односу на кабину лифта (систем К'), па једначине које она пише имају исти облик и дају исто, очекивано, решење.

У другом случају, кабина лифта се пење убрзањем $\vec{a} = a \vec{j}$ у односу на систем К. Дечак пише једначину кретања девојчице која се од њега удаљава (заједно са лифтом, убрзањем a) у облику:

$$ma = N_2 - mg$$

$$N_2 = ma + mg = m(a + g)$$

Ако је убрзање лифта, на пример 3 m/s^2 , добијамо да је $N_2 = 640 \text{ N}$.

Исто читавање платформе види и девојчица и, пошто зна да је сила којом платформа делује на њу једнака сили којом је притиснута платформа, остаје јој да поверује да се одједном угојила или да пронађе објашњење. Једноставним рачуном она увиђа да разлика износи $150 \text{ N} = 3 \text{ m/s}^2 \cdot 50 \text{ kg}$. Дакле, као да је нека додатна сила деловала на платформу (у смеру супротном од смера убрзања лифта) и то сила која је по интензитету једнака производу масе девојчице и убрзања лифта. Дакле, једначина

кретања коју ће написати девојчица, као посматрач из неинерцијалног система референце (K') везаном за лифт, разликоваће се од једначине коју је написао дечак, јер садржи још једну, инерцијалну силу. Пошто се њен положај не мења у односу на кабину лифта, сума свих сила које на њу делују мора бити једнака нули, тј.:

$$0 = N_2 - mg - F_i = N_2 - mg - ma$$

$$N_2 = ma + mg = m(a + g)$$

Нека се, сада, кабина лифта спушта убрзањем $\vec{a} = -a \vec{j}$, и нека је вредност тог убрзања 3 m/s^2 . Девојчица се приближава дечаку убрзањем a и он пише једначину кретања у облику (обрати пажњу на оријентацију у осе у систему K):

$$-ma = N_3 - mg$$

$$N_3 = m(g - a)$$

што, након прорачуна одговара читавању са платформе од $340N$.

Девојчица (посматрач из неинерцијалног система референције, чији се положај није променио у односу на кабину лифта) верује да се показивање платформе може објаснити деловањем инерцијалне силе, чији је интензитет једнак производу масе и убрзања лифта, а смер супротан смеру убрзања лифта, па она пише једначине у облику:

$$0 = N_3 + F_i - mg = N_3 + ma - mg$$

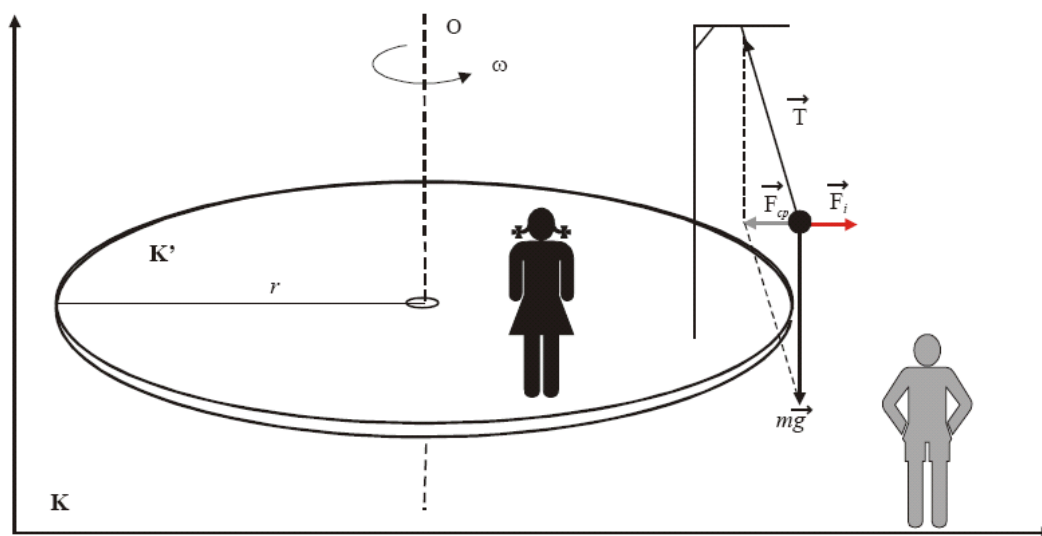
$$N_3 = m(g - a)$$

Поставимо, на крају, и једно, помало, морбидно питање: Шта би показивала платформа када би се прекинула сајла којом је везана кабина лифта и када би лифт почео слободно да пада? Одговор је јасан, имајући у виду изразе за N_3 . Пошто би се кабина лифта тада спуштала убрзањем $a = g$, заменом у горњи израз добијамо да би платформа показивала $N=0$, што одговара тако званом бестежинском стању.

Потпуно исту анализу бисмо могли спровести и у случају лифта за чију таваницу је учвршћена опруга на чијем је крају тело масе m . Једина разлика је у томе што бисмо уместо силе којом подлога делује на тело, писали силу еластичности опруге која се супротставља њеном истезању услед повлачења тела под дејством силе теже. Из

горњих примера јасно видимо разлику између појмова силе теже, која увек делује на тело независно од стања његовог кретања и последица је гравитационог привлачења од стране Земље и тежине тела, која очигледно зависи од стања кретања. Тежину, онда, дефинишемо као нормалну силу којом тело делује на подлогу или којом истеже конац или опругу на којој виси.

Пример 2



(сл.4.4)

Нека се сада девојчица нашла на платформи која ротира око осе ОО' угаоном брзином ω . (сл.4.4)

Девојчица је посматрач у неинерцијалном систему референције (знамо да је свако кружно кретање убрзано кретање). На ободу платформе се налази штап за који је закачен конац на чијем крају је куглица масе m . Дечак стоји на тлу у непокретном (инерцијалном) систему референце. Напишимо једначине које описују кретање куглице онако како то кретање „види“ дечак и девојчица. Дечак види да куглица ротира угаоном брзином ω , описујући кружне путање радијуса r , услед чега има центрипетално убрзање a_n , па једначину кретања куглице може написати у облику:

$$m\vec{a}_n = \vec{T} + m\vec{g}$$

$$\vec{F}_{cp} = \vec{T} + m\vec{g}$$

У односу на девојчицу, која је у неинерцијалном систему референције, куглица не мења свој положај у времену, па сума свих сила које на куглицу делују мора бити једнака нули. То значи да мора постојати сила која ће бити истог правца и интензитета, а усмерена супротно од векторског збира сила $\vec{T}$ и $m\vec{g}$. Та сила, дакле, постоји само у неинерцијалном систему (K') и представља инерцијалну силу, $\vec{F}_i = -m\vec{a}_n$ (означена црвеном бојом), која се назива центрифугална сила. Девојчица онда пише једначину кретања за куглицу у облику:

$$0 = \vec{T} + m\vec{g} + \vec{F}_i$$

$$-\vec{F}_i = \vec{T} + m\vec{g}$$

$$m\vec{a}_n = \vec{T} + m\vec{g}$$

5. ЗАКЉУЧАК

Тема „Њутнови закони“ обрађује се од VI разреда основне школе до I разреда гимназије. У VI разреду основне школе обрађује се I Њутнов закон, а у VII разреду, II и III Њутнов закон. У I разреду гимназије свеобухватније се обрађују сва три закона.

Значај Њутнових закона у физици је изузетан. Помоћу њих се, бар у принципу, могу решити практично сви проблеми кретања тела. Да би се проблеми на које наилазимо у механици лакше уочили и решили, потребно је да се кроз поједине демонстрационе огледе уведу основни појмови, који леже у основи Њутнових закона, а омогућују ученицима лакше доношење одређених закључака.

Демонстрациони огледи који су коришћени приликом обраде теме „Њутнови Закони“ су:

Кретање куглице дуж различитих подлога

„Инерција 1“ – Новчић у чаши

„Инерција 2“ – Кидање конца

„Инерција 3“ – Куглица и чаша

Оглед – „Флипер“

Оглед – „Лет до звезда“.

Такође треба увести ограничења важења Њутнових закона. Њутнови закони не важе у неинерцијалним системима, односно важе у инерцијалним системима, тј. у системима који се у односу на земљу крећу равномерно праволинијски. Друго ограничење важења Њутнових закона представљају брзина и димензија тела. Ако су брзине тела блиске брзини светлости, Њутнови закони не важе па се морају примењивати закони релативистичке механике. Ако су димензије тела блиске димензијама молекула и мање, Њутнови закони се не могу применити, тада важе закони квантне механике.

6. ЛИТЕРАТУРА

1. С. Божин, Е. Даниловић, В. Урошевић, С. Жегарац, Физика, Војноиздавачки завод, Београд, 1972
2. Т. Петровић, Дидактика физике, Физички факултет Универзитета у Београду, Београд, 1993
3. С. Антић, Р. Јанков, А. Пешикан, Како приближити деци природне науке кроз активно учење, Институт за психологију Филозофског факултета у београду, Београд, 2005
4. Д. Обадовић, Једноставни експерименти у настави физике, Скрипта, Нови Сад, 2006/2007
5. И. Аничин, И. Васиљевић, Експериментална физика за III разред природно-математичке школе, Научна књига, Београд, Завод за издавање уџбеника, Нови Сад, 1990
6. [http://sr.wikipedia.org/wiki/Isak Njutn](http://sr.wikipedia.org/wiki/Isak_Njutn)
7. Н. Чалуковић, Физика 1 за први разред Математичке гимназије, Круг, Београд, 2002
8. <http://old.sf.bg.ac.yu/katotn/Fizika/>



7. БИОГРАФИЈА

Ђорђе Ћипаризовић, рођен 02.04.1958. године у Београду, где је завршио основну и средњу школу, потом Вишу педагошку школу. Ради у ОШ „Лаза Костић“ као наставник физике.

UNIVERZITET U NOVOM SADU
PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

Redni broj:

RBR

Identifikacioni broj:

IBR

Tip dokumentacije:

Monografska dokumentacija

TD

Tip zapisa:

Tekstualni štampani materijal

TZ

Vrsta rada:

Diplomski rad

VR

Autor:

Đorđe Ćiparizović

AU

Mentor:

Dr. Dušanka Obadović, red.prof.

MN

Naslov rada:

Demonstracioni ogledi u obradi teme »Njutnovi zakoni«

NR

Jezik publikacije:

srpski (ćirilica)

JP

Jezik izvoda:

srpski/engleski

JI

Zemlja publikovanja:

Srbija i Crna Gora

ZP

Uže geografsko područje:

Vojvodina

UGP

Godina:

2007

GO

Izdavač:

Autorski reprint

IZ

Mesto i adresa:

Prirodno-matematički fakultet, Trg Dositeja Obradovića 4, Novi Sad

MA

Fizički opis rada:

8/48/-/17/-/-/

FO

Naučna oblast:

fizika

NO

Naučna disciplina:

Demonstracioni eksperiment u nastavi

ND

Predmetna odrednica/ ključne reči:

Njutnovi zakoni, inercija, inertnost, masa, sila.

PO

UDK

Čuva se:

Biblioteka departmana za fiziku, PMF-a u Novom Sadu

ČU

Važna napomena:

nema

VN

Izvod:

Prikazana je obrada teme Njutnovi zakoni. Tema je obrađena eksperimentalno uz odgovarajuće teorijsku interpretaciju. Realizovani su sledeći demonstracioni ogledi: Kretanje kuglice duž različitih podloga, „Inercija 1“ – Novčić u čaši, „Inercija 2“ – Kidanje konca, „Inercija 3“ – Kuglica i čaša, „Fliper“ i „Let do zvezda“. Ogledi predstavljaju eksperimentalnu podlogu za uvođenje i lakše razumevanje pojmova, koji predstavljaju osnovu Njutnovih zakona.

IZ

Datum prihvatanja teme od NN veća:

18.05.2007.

DP

Datum odbrane:

02.07.2007.

DO

Članovi komisije:

KO

Predsednik:

Dr. Srđan Rakić, docent

član:

Dr. Milan Pantić, vanr. prof.

član:

Dr. Dušanka Obadović, red.prof.

UNIVERSITY OF NOVI SAD
FACULTY OF SCIENCE AND MATHEMATICS

KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number:
ANO

Identification number:
INO

Document type: Monograph publication
DT

Type of record: Textual printed material
TR

Content code: Final paper
CC

Author: Đorđe Ćiparizović
AU

Mentor/comentor: PhD Dušanka Obadović, full professor
MN

Title: Demonstrational ehperiments dealing with the theme „Newton’ laws“
TI

Language of text: Serbian (cirilic)
LT

Language of abstract: English
LA

Country of publication: Serbia and Montenegro
CP

Locality of publication: Vojvodina
LP

Publication year: 2007
PY

Publisher: Author's reprint
PU

Publication place: Faculty of Science and Mathematics, Trg Dositeja Obradovića 4, Novi Sad
PP

Physical description: 8/48/-/17/-/-/
PD

Scientific field: Physisics
SF

Scientific discipline: Demonstrational ehperiments in teaching
SD

Subject/ Key words: Newton’s Laws, Inertia, Mass, Force
SKW

UC

Holding data: Library of Department of Physics, Trg Dositeja Obradovića 4
HD

Note: none
N

Abstract:
AB

Here is described and shown theme “Newton’s Laws”. The theme is processed tentatively (experimentally) with corresponding theoretical interpretation. Following demonstrational experiments are realized: Moving of the ball along different backgrounds, Inertia – Coin in a glass, Inertia – Tearing of a thread, Inertia – Ball and glass, Flipper and Flight to the stars. Experiments represent experimental background for introduction and easier understanding of concepts which represent base of Newton laws.

<i>Accepted by the Scientific Board:</i>	18.05.2007.
ASB	
<i>Defended on:</i>	02.07.2007.
DE	
<i>Thesis defend board:</i>	
DB	
<i>President:</i>	PhD Srđan Rakić, assistant professor
<i>Member:</i>	PhD Milan Pantić, associate professor
<i>Member:</i>	PhD Dušanka Obadović, full professor